

**Tire force determination device for vehicle wheel has non-contact processing device having calculation component for determining tire forces based on detected rim deformations on perimeter of rim**

**Patent number:** DE10001272  
**Publication date:** 2001-07-26  
**Inventor:** FACH MARKUS (DE)  
**Applicant:** DAIMLER CHRYSLER AG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** G01M17/02; G01L5/18; G01L1/22  
- **european:** G01L1/16B2, B60C23/06, B60T8/00B4, B60T8/32D18, B60T8/52, G01B7/16, G01L5/16F, G01L5/20  
**Application number:** DE20001001272 20000114  
**Priority number(s):** DE20001001272 20000114

**Abstract of DE10001272**

A sensor (3) is arranged to the perimeter (2) of the rim (1) of a vehicle wheel to measure the rim deformation at the peripheral direction. A non-contact processing unit (4) has a calculation component (RE) for determining the predetermined forces of a tire through a calculation regulation process based on the detected rim deformations at the perimeter of the rim. An Independent claim is also included for a tire force determination method.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 01 272 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 M 17/02**  
G 01 L 5/18  
G 01 L 1/22

⑳ Aktenzeichen: 100 01 272.8  
㉔ Anmeldetag: 14. 1. 2000  
㉕ Offenlegungstag: 26. 7. 2001

**DE 100 01 272 A 1**

㉑ **Anmelder:**  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

㉒ **Erfinder:**  
Fach, Markus, Dipl.-Ing., 36364 Bad Salzschlirf, DE

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**  
DE 198 07 004 A1  
DE 195 48 759 A1  
DE 44 24 136 A1  
DE 43 26 976 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Einrichtung und Verfahren zur Ermittlung von Kräften im Reifen eines Fahrzeugrades**

⑤⑦ Eine Einrichtung zur Ermittlung von Kräften im Reifen eines Fahrzeugrades weist einen am Umfang der Felge des Rades angeordneten Sensor zur Messung von Felgenreformungen in Umfangsrichtung und/oder quer zur Umfangsrichtung auf. Weiterhin ist eine Recheneinheit vorgesehen, in der gemäß einer hinterlegten Rechenvorschrift die Reifenkräfte in Abhängigkeit der Felgenreformungen am Umfang der Felge des Rades ermittelbar sind.

**DE 100 01 272 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung und ein Verfahren zur Ermittlung von Kräften im Reifen eines Fahrzeugrades nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. 9.

Aus der Druckschrift DE 195 48 759 A1 ist es bekannt, einen als Drehungsmessstreifen ausgebildeten Sensor an einem Radialverbindungssteg einer Felge eines Fahrzeugrades zur Messung von Zug- und Druckspannungen des Verbindungssteges zu befestigen. Die Messwerte des Dehnungsmessstreifens werden an eine Recheneinheit übermittelt, in welcher auf der Grundlage der Messwerte die Radlast, die Beschleunigungskraft und die Fahrzeuggeschwindigkeit ermittelt werden. Der im radialen Verbindungssteg der Felge des Rades angeordnete Dehnungsmessstreifen ermöglicht es, die Belastung dieses Verbindungssteges während der Umdrehung des Fahrzeugrades zu messen. Aus der Belastungskurve für Zug- und Druckspannungen während der Umdrehung des Rades werden Last, Beschleunigung und Drehgeschwindigkeit ermittelt.

Weitere den Fahrzeugzustand kennzeichnende Bestimmungsgrößen des Rades sind mit dieser Methode nicht ermittelbar. Es ist insbesondere nicht möglich, über die Messung einer Längenänderung des radialen Verbindungssteges in der Felge auf Reifenkräfte Rückschlüsse zu ziehen, die zu einem wesentlichen Maße von der Verformung des Reifens bestimmt werden.

Aus der Druckschrift DE 44 24 136 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Prüfen der Gleichförmigkeit von Kraftfahrzeugreifen bekannt, bei dem bzw. bei der ein drehbar aufgenommener Reifen mit einstellbarer Anpresskraft auf einem Prüfstand abrollt, wobei die auf den Prüfstand wirkenden Reaktionskräfte gemessen werden und darüber hinaus die Kontur des Reifens abgetastet wird. Aus den ermittelten Kraft- und Geometriemesssignalen werden Geometriegrößen wie Rundlauf- und Planlaufabweichungen bestimmt. Dieses System setzt jedoch einen in bestimmungsgemäßer Weise hergerichteten Prüfstand voraus, eine Online-Anwendung im realen Fahrbetrieb ist nicht möglich.

Der Erfindung liegt das Problem zu Grunde im Online-Fahrbetrieb eines Fahrzeugs die Reifenkräfte mit einfachen Methoden zu ermitteln.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. 9 gelöst.

Bei der neuartigen Einrichtung zur Ermittlung der Reifenkräfte im Fahrzeugrad ist im Unterschied zum Stand der Technik der Sensor am Umfang der Felge des Rades angeordnet, es werden Felgenverformungen in Umfangsrichtung und/oder quer zur Umfangsrichtung ermittelt. Die Messsignale des Sensors werden einer Recheneinheit zugeführt, in der die Reifenkräfte – zweckmäßig sowohl Aufstandskräfte, Umfangskräfte als auch Seitenkräfte – als Funktion der Felgenverformung gemäß einem bekannten Zusammenhang, welcher als Rechenvorschrift in der Recheneinheit hinterlegt ist, ermittelt werden.

Über die Positionierung des Sensors am Felgenumfang werden in indirekter Weise Schubspannungen, welche aus Verformungen des Reifens resultieren und vom Reifen auf die Felge übertragen werden, gemessen. Diese Schubspannungen werden in der Umfangsfläche der Felge über den Sensor als Felgenverformung registriert. Die Felgenverformung resultiert aus der Schubspannung des Reifens, welche wiederum von den Verformungen des Reifens abhängen, die aus dem Reifeninnendruck, aus Brems-, Antriebs- und Seitenkräften sowie den Aufstandskräften resultieren. Über diese Zusammenhänge kann letztendlich von der Verformung der Felge im Bereich des Felgenumfangs auf die tatsächlich auf den Reifen einwirkenden Reifenkräfte ge-

schlossen werden.

Der Zusammenhang von Felgenverformung und Reifenkräften ist üblicherweise als nichtlineare Funktion darstellbar, welche in zweckmäßiger Weise aus Referenzmessungen ermittelt und beispielsweise als Kennfeld in der Recheneinheit abgelegt werden kann. Über die Messung des Zusammenhangs von Felgenverformung und Reifenkräften werden implizit auch reifenspezifische Größen wie Material und Geometrie des Reifens berücksichtigt.

Die Positionierung des Sensors am Felgenumfang gestaltet sich erheblich einfacher als eine unmittelbare Messung von Reifenverformungen durch im oder am Reifen angebrachte Sensoren. Die Größenordnung der Felgenverformung als Folge von Reifenverformungen liegt in einer bedeutend kleineren Größenordnung als die Reifenverformung selbst. Dadurch werden geringere Anforderungen an den Sensor gestellt, insbesondere im Hinblick auf die mechanische Belastung des Sensors, als dies bei einer Anordnung im Reifen der Fall wäre. Die Lebensdauer des Sensors ist erhöht, außerdem können Sensoren verwendet werden, die einen einfacheren Aufbau aufweisen. Trotz der wesentlich kleineren Verformungen im Felgenumfang reichen diese für eine quantitative, gegebenenfalls auch für eine qualitative Beurteilung der Reifenkräfte aus.

In einer vorteilhaften Weiterbildung ist eine Übertragungseinrichtung zur Übertragung der Messsignale des Sensors, welche die Felgenverformungen repräsentieren, an die Recheneinheit des Fahrzeugs vorgesehen. In dieser Ausführung bilden Sensor und Recheneinheit separat ausgebildete Bauteile, wobei die Recheneinheit zweckmäßig außerhalb des Fahrzeugrades im Fahrzeug angeordnet ist. In der Recheneinheit werden die Messsignale in Reifenkräfte umgerechnet. Gegebenenfalls kann es aber auch vorteilhaft sein, bereits im Sensor eine erste, vorläufige Datenmanipulation durchzuführen, beispielsweise eine Messsignalfilterung, um hierdurch beispielsweise eine Datenreduktion zu erzielen.

In der Recheneinheit bzw. in einer weiteren Regel- und Steuereinheit werden zweckmäßig in Abhängigkeit der ermittelten Reifenkräfte Stellsignale erzeugt, welche Stellgliedern zugeführt werden, über die der Fahrzeugzustand des Fahrzeugs beeinflussbar ist. Diese Stellglieder können beispielsweise Bestandteil einer Anti-Blockier-Einrichtung, einer Antriebs-Schlupf-Regelung oder einer Fahrdynamik-Regelung sein.

Als Sensor wird bevorzugt ein Oberflächenwellensensor eingesetzt, welcher bei Dehnungen unter Ausnutzung des Piezoeffekts als Reaktion einer auf den Sensor gefunkten Wechselspannung ein Antwortsignal erzeugt, dessen als Folge der Dehnung geänderte Periodendauer ein Maß für die Größenordnung der Dehnung darstellt. Ein derartiges passives Sensorelement bietet den Vorteil, dass der Sensor keine eigene Energieversorgung benötigt, sondern dass eine insbesondere außerhalb des Rades angeordnete Energiequelle ausreicht, welche dem Sensor ein Eingangssignal übermittelt. Über eine Ausstattung des Sensors mit einer Antenne wird außerdem die Übertragungseinrichtung in den Sensor selbst integriert, indem als Antwort auf die auf den Sensor per Funk übertragenen Wechselspannung ein Antwortsignal generiert wird, welches die Oberflächendehnungen im Felgenumfang repräsentiert.

Als ein auf diese Weise passiv arbeitender Sensor kann beispielsweise ein piezoelektrischer Einkristall verwendet werden, der mit einem Interdigitalwandler und mit Reflektoren ausgestattet ist. Die gefunkte Wechselspannung wird durch den inversen Piezoeffekt in eine periodische Verformung der Kristalloberfläche umgewandelt, diese Verformung breitet sich als akustische Oberflächenwelle aus und wird an den halbdurchlässigen Reflektoren teilweise reflek-

tiert, wodurch ein für den Sensor typisches Antwortmuster erzeugt wird. Die reflektierten Wellen werden am Interdigitalwandler in ein Antwortsignal umgewandelt und über eine Antenne an die Recheneinheit gefunkt. Bei einer Dehnung des Sensors durch äußere Kräfte ändert sich die Periodendauer der zugefunkteten Antwort, woraus auf die Verformung des zu messenden Bauteiles geschlossen werden kann.

Die Verwendung eines berührungslos arbeitenden Sensors bietet den Vorteil, dass der Sensor an unzugänglichen Stellen und gegebenenfalls auch unter extremen Umgebungsbedingungen eingesetzt werden kann.

Weitere Vorteile und zweckmäßige Ausführungen sind den weiteren Ansprüchen, der Figurenbeschreibung und den Zeichnungen zu entnehmen. Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch die Felge eines Rades eines Kraftfahrzeugs mit einem am Felgenumfang angeordneten Sensor, welcher Teil einer Einrichtung zur Ermittlung von Reifenkräften ist,

Fig. 2 ein Diagramm mit dem Zusammenhang von gemessener Felgenverformung und Abrollweg des Rades, dargestellt für verschiedene Radlasten.

Die in Fig. 1 im Schnitt dargestellte Felge 1 eines Rades eines Fahrzeuges, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, weist im Bereich ihres Umfanges 2 einen Sensor 3 auf, welcher Teil einer Einrichtung 4 zur Ermittlung von Kräften im Reifen des Fahrzeugrades ist. Der Sensor 3 ist bevorzugt als Oberflächenwellensensor ausgebildet, welcher Dehnungen im Umfang der Felge 1 unter Ausnutzung des Piezoeffektes misst. Es werden vorteilhaft sowohl Dehnungen in Umfangsrichtung als auch quer zur Umfangsrichtung – parallel zur Felgendrehachse 5 – mit Hilfe des Sensors 3 erfasst. Die Dehnungen stehen in einem Zusammenhang mit den Reifenkräften; aus dem Verlauf der Dehnungen, insbesondere über zumindest eine volle Umdrehung des Rades gemessen, lassen sich Rückschlüsse ziehen auf Reifenseitenkräfte, Reifenumfangskräfte und Aufstandskräfte.

Der Sensor 3 befindet sich vorteilhaft axial in der Mitte der Felge 1 auf dem Umfang der Felge. An dieser Position wirken die aus den Reifenflanken stammenden Kräfte symmetrisch, die Reifenkräfte können präziser ermittelt werden.

Der Sensor 3, dessen Messsignale bevorzugt berührungslos übertragen werden, ist Bestandteil der Einrichtung 4, welche zusätzlich zum Sensor 3 eine Recheneinheit RE umfasst, in welcher die Messsignale des Sensors 3, welche zweckmäßig per Funk übertragen werden, ausgewertet werden. Darüber hinaus kommuniziert die Recheneinheit RE vorteilhaft mit Stellgliedern diverser Fahrzeugkomponenten. In der Recheneinheit RE werden hierzu Stellsignale in Abhängigkeit der ermittelten Reifenkräfte erzeugt, wobei die Stellsignale bevorzugt den Stellgliedern eines Anti-Blockier-Systems ABS, einer Antriebs-Schlupf-Regelung ASR und/oder einer Fahrdynamik-Regelung FDR zugeführt werden. Diese Fahrzeugkomponenten, über die der Fahrzustand des Fahrzeuges beeinflussbar ist, bilden in einer vorteilhaften Ausführung ebenfalls einen Bestandteil der Einrichtung 4. Über die genannten, den Fahrzustand beeinflussenden Komponenten bzw. Aggregate ABS, ASR und FDR hinaus können weitere Fahrzeugkomponenten bzw. -aggregate mit der Recheneinheit RE kommunizieren und in Abhängigkeit der ermittelten Reifenkräfte manipuliert werden.

Der bevorzugt berührungslos arbeitende Sensor 3 empfängt per Funk eine Wechsellspannung, welche in dem bevorzugt als Oberflächenwellensensor ausgebildeten Sensor 3 in Abhängigkeit der auf den Sensor wirkenden Dehnungen in Umfangsrichtung bzw. quer zur Umfangsrichtung in ein Antwortsignal umgewandelt wird, welches ebenfalls berührungslos der Recheneinheit RE übermittelt wird.

Fig. 2 zeigt ein Schaubild mit dem Zusammenhang zwi-

schen einem im Sensor erzeugten Verformungssignal, welches die Dehnung in Umfangsrichtung – in x-Richtung – repräsentiert, und den Abrollweg des Fahrzeugrades, dargestellt für etwa eine Umdrehung des Rades. Fig. 2 zeigt Abhängigkeiten für verschiedene Radlasten, beginnend bei 1500 N und absteigend bis 4500 N.

Befindet sich der Sensor etwa 90° vor seiner fahrbahn-nächsten Position, wie dies im Symbol 6 dargestellt ist, sind die Verformungssignale einem Minimum angenähert. Das Minimum wird unmittelbar nach Überschreitung der 90° – Position des Sensors oberhalb des fahrbahn-nächsten Punktes erreicht. Nach Überschreitung des Minimums steigen die Verformungssignale im Wert wieder an und erreichen im fahrbahn-nächsten Punkt des Sensors – repräsentiert durch das Symbol 7 – ihr Maximum. Sobald sich der Sensor vom fahrbahn-nächsten Punkt weiter fortbewegt, fallen die Verformungssignale wieder ab.

Das Niveau der Verformungssignale in x-Richtung hängt von den Radlasten ab. Mit zunehmender Radlast nehmen die Amplituden im Verlauf des Verformungssignales zu.

Aus dem Verlauf der Verformungssignale, insbesondere aus dem mittleren Niveau der Verformungssignale, können Rückschlüsse auf alle auf den Reifen wirkende Kräfte gezogen werden. Es ist dadurch möglich, aus der Messung der Felgenverformung in Umfangsrichtung und quer zur Umfangsrichtung auf die Reifenseitenkraft, die Reifenlängs- bzw. Umfangskraft und die Aufstandskraft zu schließen. Gegebenenfalls ist es auch möglich, die Kraftwirkung eines Wasserkeils, welcher sich bei aufkommendem Aquaplaning vor dem Reifen aufbaut, zu detektieren.

Es liegt im Rahmen des Erfindungsgedankens, unabhängig von der Einrichtung zur Signalübertragung und der Recheneinheit zur Berechnung von Reifenkräften die Felge eines Fahrzeugrades im Bereich ihres Umfanges mit einem Sensor auszustatten, welcher die Felgenverformungen in Umfangsrichtung und quer zur Umfangsrichtung misst. Die Messsignale werden in dieser Ausführung optional auf eine Recheneinheit übertragen werden, in welcher eine weitere Auswertung der Messsignale durchgeführt und gegebenenfalls auch Stellsignale für Stellglieder von Fahrzeugkomponenten generiert werden.

#### Patentansprüche

- Einrichtung zur Ermittlung von Kräften im Reifen eines Fahrzeugrades,
  - mit einem am Umfang der Felge (1) des Rades angeordneten Sensor (3) zur Messung von Felgenverformungen in Umfangsrichtung und/oder quer zur Umfangsrichtung
  - und mit einer Recheneinheit (RE), in der gemäß einer hinterlegten Berechnungsvorschrift die Reifenkräfte in Abhängigkeit der Felgenverformungen am Umfang der Felge (1) des Rades ermittelbar sind.
- Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Übertragungseinrichtung zur Übertragung von die Felgenverformungen repräsentierenden Messsignalen des Sensors (3) an die Recheneinheit (RE) vorgesehen ist.
- Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (3) als Oberflächenwellensensor ausgebildet ist, welcher bei Dehnungen unter dem Einfluss äußerer Kräfte unter Ausnutzung des Piezoeffektes eine auf den Sensor gefunkte Wechsellspannung in ein Antwortsignal mit veränderter Periodendauer umwandelt.
- Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, da-

durch gekennzeichnet, dass der Sensor (3) im Felgenbett, insbesondere in der Mitte des Felgenbetts, angeordnet ist.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass in der Recheneinheit (RE) Stellsignale als Funktion der Reifenkräfte zur Beaufschlagung von den Fahrzustand beeinflussenden Stellgliedern im Fahrzeug erzeugbar sind.

6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellsignale zur Manipulation eines Anti-Blockier-Systems (ABS) herangezogen werden.

7. Einrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellsignale zur Manipulation einer Antriebs-Schlupf-Regelung (ASR) herangezogen werden.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellsignale zur Manipulation eines Fahrdynamik-Regelsystems (FDR) herangezogen werden.

9. Verfahren zur Ermittlung von Kräften im Reifen eines Fahrzeugrades, insbesondere Verfahren zum Betrieb der Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem Felgenverformungen am Umfang des Felge (1) in Umfangsrichtung und/oder quer zur Umfangsrichtung sensorisch gemessen werden und bei dem aus dem zeitlichen Verlauf der die Felgenverformungen repräsentierenden Messwerte gemäß einer hinterlegten Berechnungsvorschrift die Reifenkräfte ermittelt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Felgenverformungen über zumindest eine Radumdrehung der Berechnung der Reifenkräfte zu Grunde gelegt werden.

11. Fahrzeugrad mit einer Felge und einem Reifen, mit einem am Felgenumfang (2) angeordneten Sensor (3), über den Felgenverformungen am Umfang der Felge (1) in Umfangsrichtung und/oder quer zur Umfangsrichtung messbar sind.

12. Verwendung eines Sensors am Umfang einer Felge eines Rades zur Messung von Felgenverformungen zur Ermittlung von Reifenkräften.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

- Leerseite -

